

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Juni 2005 (23.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/057225 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01P 3/44,  
3/48, 3/481, H02P 7/285

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/014173

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. Dezember 2004 (13.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10358261.4 11. Dezember 2003 (11.12.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): AUSTRIAMICROSYSTEMS AG [AT/AT]; Schloss  
Premstätten, A-8141 Unterpremstätten (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RITZ, Siegfried  
[DE/DE]; Langobardenstr. 90a, 01239 Dresden (DE).

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-  
WALTSGESELLSCHAFT MBH; Ridlerstr. 55, 80339  
München (DE).

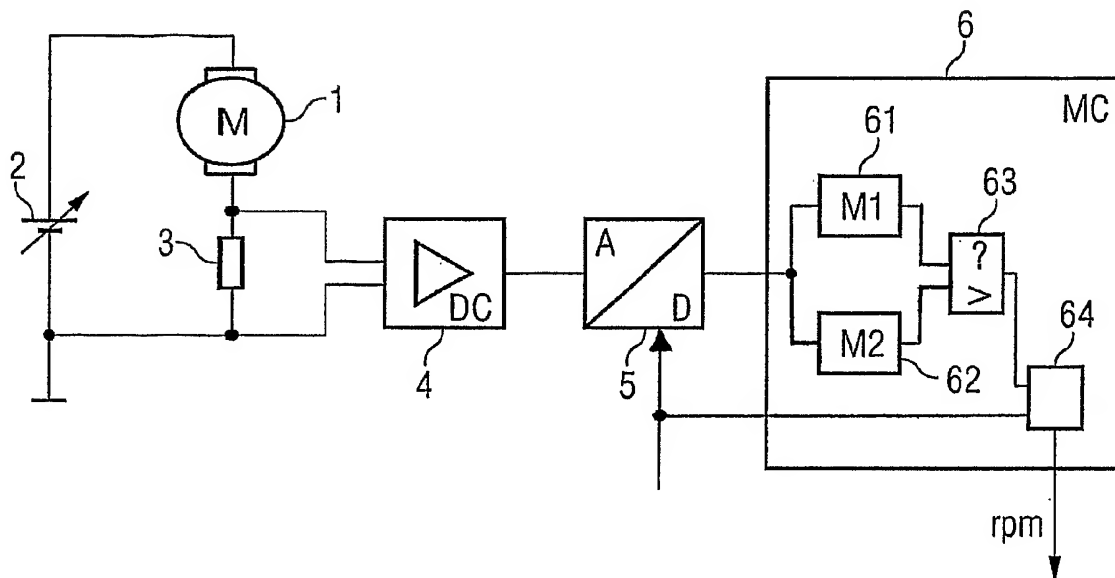
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRAY FOR DETERMINING THE ROTATIONAL SPEED OF A DIRECT CURRENT MOTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR BESTIMMUNG DER DREHZAHL EINES GLEICHSTROM-MO-  
TORS



(57) Abstract: The invention relates to a method and an array for determining the rotational speed of a direct current motor, wherein an analogue/digital converter (5) is coupled to the supply terminal of a motor (1). Two mean value generators (61, 62), which connect to the output of the analogue/digital converter (5), provide mean values in relation to a different quantity of scanning values. A comparator (63) determines the sign of the mean values comparison. The rotational speed of the motor (1) is determined with an arithmetic unit (64) depending on the quantity of scanning values between the sign changes.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/057225 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

---

**(57) Zusammenfassung:** Es ist ein Verfahren und eine Anordnung zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors angegeben. Dabei ist ein Analog/Digital-Wandler (5) mit einem Versorgungsanschluss eines Motors (1) gekoppelt. Zwei Mittelwertbildner (61, 62), die am Ausgang des Analog/Digital-Wandlers (5) angeschlossen sind, stellen Mittelwerte bezogen auf eine unterschiedliche Anzahl von Abtastwerten bereit. Ein Vergleicher (63) ermittelt das Vorzeichen des Vergleichs der Mittelwerte. Mit einer Recheneinheit (64) wird die Motordrehzahl des Motors (1) in Abhängigkeit von der Anzahl der Abtastwerte zwischen den Vorzeichenwechseln ermittelt.

## Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors, eine Anordnung zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors sowie die Verwendung einer derartigen Anordnung in einem Lüfter und einer Pumpe.

10

Die Drehzahl von Motoren kann mit unterschiedlichen Methoden bestimmt werden. Dabei kann grundsätzlich zwischen solchen Methoden unterschieden werden, bei denen mit zusätzlichen Sensoren oder Gebern gearbeitet wird, wie beispielsweise mit Hall-Elementen oder Lichtschranken zur Erzeugung eines drehzahlproportionalen Signals, sowie zwischen solchen Methoden, bei denen der Motorstrom oder die Motorspannung ausgewertet wird, um ein drehzahlproportionales Signal zu erzeugen.

15

20

In dem Dokument DE 1 673 364 beispielsweise wird die Drehzahl dadurch bestimmt, dass zeitliche Änderungen des Motorstroms bedingt durch Stromwechsel von einer Kollektorlamelle zur nächsten mit Impulsformerstufen und Messgeräten, beispielsweise Drehspulinstrumenten, ausgewertet werden.

25

In dem Dokument DD 254 254 A1 ist ebenfalls eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung eines drehzahlproportionalen Signals bei Gleichstrom-Kommutatormotoren gezeigt, bei dem spannungsgesteuerte Hochpass- und Tiefpass- und Schmalbandpassfilter zur Signalauswertung vorgesehen sind.

30

In den Dokumenten DE 199 15 875 A1 und DE 199 15 877 A1 sind Verfahren und Vorrichtungen zur Drehzahlmessung eines Gleichstrom-Kommutatormotors gezeigt, bei denen die Drehzahl- auswertung mittels Frequenzanalyse bzw. einer Zeitsynchroni- sation erfolgt.

In dem Dokument DE 197 29 238 C1 wird mit Hilfe eines parallel zum Motor arbeitenden Motormodells und elektromechanischen Motorgleichungen eine Zustandsschätzung der wahrscheinlichen, aktuellen Drehzahl aus der Motorspannung oder dem Motorstrom extrapoliert.

Alle beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen haben die Eigenschaften gemeinsam, dass sie zur Drehzahlbestimmung keine zusätzlichen Sensoren oder Geber benötigen, sondern die Drehzahl mit Vorteil aus der Motorspannung oder dem Motorstrom ermitteln. Dazu werden verhältnismäßig aufwendige Vorrichtungen und/oder rechenintensive Verfahren benutzt. Zudem sind einige Verfahren und Vorrichtungen lediglich für bestimmte Motortypen ausgerichtet und geeignet. Einige der beschriebenen Methoden sind zudem nicht geeignet, zeitlichen Änderungen der Motorparameter zu folgen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Anordnung und ein Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors anzugeben, welches eine kontinuierliche Messung der Drehzahl ermöglicht und dabei mit geringem Aufwand realisiert werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bezüglich der Anordnung mit einer Anordnung zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors gelöst, umfassend

- einen Signaleingang zum Zuführen eines von der Motorspannung oder dem Motorstrom des Gleichstrom-Motors abgeleiteten Signals,
- einen Analog/Digital-Wandler mit einem Eingang, der mit dem Signaleingang gekoppelt ist, und mit einem Ausgang zur Bereitstellung einer Folge von Abtastwerten,
- einen ersten Mittelwertbildner der Folge von Abtastwerten, der mit dem Ausgang des Analog/Digital-Wandlers gekoppelt ist,
- einen zweiten Mittelwertbildner der Folge von Abtastwerten, der mit dem Ausgang des Analog/Digital-Wandlers gekoppelt ist, wobei die erste und die zweite Mittelwertbildung jeweils auf eine unterschiedliche Anzahl von Abtastwerten bezogen sind,
- einen Vergleicher, der mit dem ersten und dem zweiten Mittelwertbildner verbunden ist und an seinem Ausgang ein Vorzeichen in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis bereitstellt, und
- eine Recheneinheit, die mit dem Vergleicher gekoppelt ist zur Bestimmung der Drehzahl des Gleichstrom-Motors in Abhängigkeit von der Anzahl der Abtastwerte zwischen Vorzeichenwechseln.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Anordnung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

So kann bevorzugt ein digitaler Signalprozessor vorgesehen sein, der den ersten Mittelwertbildner, den zweiten Mittelwertbildner, den Vergleicher und die Recheneinheit umfasst.

30

Weiter bevorzugt ist ein Strom-Messwiderstand vorgesehen, der den Signaleingang der Anordnung bildet.

Weiter bevorzugt kann ein in Reihe zum Motor angeordneter Widerstand vorgesehen sein. Dabei braucht mit Vorteil der Motor während der Ausführung der Drehzahlmessung nicht von einer Versorgungsspannungsquelle getrennt werden. Der Motor  
5 muss nicht in einen Generatorbetrieb umgeschaltet werden, um eine Drehzahlmessung durchzuführen.

Der Strom-Messwiderstand kann an beliebiger Stelle in Reihe zum Motor angeordnet sein, also beispielsweise am Motor-  
10 Pluspol oder am Motor-Minuspol.

Es kann ein Gleichspannungsverstärker vorgesehen sein, der den Signaleingang mit dem Eingang des Analog/Digital-Wandlers koppelt.

15 Die Differenz-Gleichspannung über dem Strom-Messwiderstand kann bevorzugt mittels eines Gleichspannungsverstärkers mit bevorzugt massefreier Eingangsstufe verstärkt und als zeitkontinuierliches, massebezogenes Signal am Ausgang des  
20 Verstärkers bereitgestellt werden.

Der Gleichstrom-Motor ist bevorzugt ein Gleichstrom-Kommutatormotor.

25 Im Falle eines Bürsten-Motors weist die Differenzspannung über dem Strom-Messwiderstand außer einem Gleichstromanteil zur Speisung des Motors auch zeitlich veränderliche Stromanteile auf. Diese zeitlich veränderlichen Stromanteile werden unter anderem durch die Stromübernahme der Schleif-  
30 kontakte von einem Motorsegment zum nächsten verursacht und sind deshalb drehzahlproportional.

Die beiden Mittelwertbildner stellen zwei Mittelwerte bereit, die durch die Folge von Abtastwerten fortlaufend aktualisiert werden können. Die jeweilige Anzahl von Abtastwerten, aus der die beiden unterschiedlichen Mittelwerte gebildet werden, kann vorab festgelegt sein in Abhängigkeit vom Motortyp oder durch eine geringe Anzahl von Vorversuchen in einfacher Weise ermittelt werden.

Die Anzahl der Abtastwerte zwischen den Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse der beiden Mittelwerte wird mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen multipliziert. Diese Zeitdauer wird von der Abtastrate des Analog/Digital-Wandlers vorgegeben. Durch die Multiplikation wird beispielsweise die halbe Periodendauer der elektrischen Kontaktwechsel des Motors errechnet. Aus dieser wiederum lässt sich in einfacher Weise die momentane Motor-Drehzahl bestimmen.

Es kann zur Berechnung der Drehzahl die Anzahl der Abtastwerte zwischen unmittelbar aufeinanderfolgenden Vorzeichenwechseln ermittelt und mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen multipliziert werden. Alternativ kann aber auch beispielsweise jeweils die zwischen gleichartigen Vorzeichenwechseln verstreichende Zeitdauer durch Multiplikation der Anzahl der Abtastwerte zwischen diesen Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen multipliziert und daraus die Drehzahl berechnet werden. Die tatsächliche Drehzahl des Motors hängt neben der Zeitdauer zwischen Vorzeichenwechseln auch von der Anzahl der Kontaktwechsel bzw. Kommutierungen bei einer Umdrehung des Motors ab.

Bei dem vorgeschlagenen Prinzip werden zeitliche Änderungen von Motorspannung oder Motorstrom erfasst. Hierfür sind keine zusätzlichen Sensoren nötig. Vielmehr kann das Prinzip mit geringem Aufwand bevorzugt in integrierter Schaltungstechnik implementiert werden. Es sind lediglich ein Analog/Digital-Wandler sowie ein Mikro-Controller oder andere Mittel zur digitalen Signalverarbeitung vorgesehen, welche Mittelwertbildungen, Vergleich und Drehzahlberechnung ausführen.

- 10 Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors mit den Schritten:
- Erfassen der Motorspannung oder des Motorstroms oder eines von Motorspannung oder Motorstrom des Gleichstrom-
  - 15 Motors abgeleiteten Signals,
  - Abtasten des Signals und Bereitstellen einer Folge von Abtastwerten,
  - Bilden eines ersten Mittelwerts einer ersten Anzahl von Abtastwerten,
  - 20 - Bilden eines zweiten Mittelwerts einer zweiten Anzahl von Abtastwerten,
  - Vergleichen des ersten Mittelwerts mit dem zweiten Mittelwert und Bereitstellen eines Vorzeichens des Ergebnisses,
  - 25 - Berechnen der Drehzahl in Abhängigkeit von der Anzahl der Abtastwerte zwischen Vorzeichenwechseln.

Die Drehzahlberechnung erfolgt bevorzugt mittels Durchführen einer Multiplikation der Anzahl von Abtastwerten zwischen Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen, die durch die Abtastrate bei dem Abtasten des Signals vorgegeben wird.



Dabei können die bekannten Zusammenhänge zwischen Periodendauer, Drehzahl und Anzahl der Kontaktwechsel bei einer Umdrehung berücksichtigt werden.

5

Bevorzugte Weiterbildungen des beschriebenen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 So ist bevorzugt die erste Anzahl von Abtastwerten größer als die zweite Anzahl von Abtastwerten.

Der erste und der zweite Mittelwert werden bevorzugt fortlaufend mit den eingehenden Abtastwerten aktualisiert.

15 Bevorzugt werden die stets aktualisierten Mittelwerte miteinander fortlaufend verglichen.

In der Recheneinheit wird bevorzugt die jeweils zwischen zwei Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse gebildete Anzahl von Abtastwerten mit der Zeit zwischen den  
20 einzelnen Abtastwerten multipliziert und damit die halbe Periodendauer der elektrischen Kontaktwechsel des Motors errechnet, aus der sich wiederum die Drehzahl des Motors berechnen lässt.

25

Die Drehzahl wird bevorzugt in Abhängigkeit der Zeit ermittelt, die zwischen zwei elektrischen Kontaktwechseln der Kollektorlamellen zum Schleifkontakt bzw. den Kontaktbürsten verstreicht.

30

Die Drehzahlmessung erfolgt gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren bevorzugt kontinuierlich. Dabei ist mit Vorteil keine Umschaltung vom Motorbetrieb in einen Generatorbetrieb nötig.

Im Rahmen einer Kalibrierung kann mit Vorteil eine umfangreiche Messreihe bei einem normalen Motorbetrieb aufgenommen werden, um mit Hilfe einer statistischen Signalanalyse grundlegende Informationen über die Nutz- und Störspektren des Signals abzuleiten und eine Signalkonditionierung durchzuführen. Anschließend kann ein auf das betriebsabhängig auftretende Störspektrum zugeschnittenes Signalmodell für die Signalform der vom Motor selbst erzeugten Wechselspannung ermittelt werden. Das Signalmodell mit Nutzspektrum, welches bezüglich der Zeitverläufe und/oder Signalfrequenzen parametrisierbar ist, kann dabei für den aktuellen Motorbetriebsfall adaptiert werden.

Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass das beschriebene Verfahren bei starken Veränderungen des Betriebszustands des Motors wie Stromform, Dynamikbereich des Signals, Drehzahl, Lastbedingungen, Störspektrum der pulsweitenmodulierten Steuerung usw. anwendbar ist. Das Verfahren eignet sich aber auch für starke Unterschiede motorspezifischer Charakteristika wie Motortypen, Laufeigenschaften, alterungsbedingte Änderungen in der Motorcharakteristik et cetera. Typische Kenngrößen können dabei mit Vorteil ohne eine aufwendige Signaltransformation, das heißt ohne Anwendung einer schnellen Fourier-Transformation, englisch: FFT, fast fourier transformation, oder Ähnliches, gewonnen werden.

Ein noch weiterer Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens besteht darin, dass die Funktionalität vollständig in Software abgebildet werden kann, nämlich in einem einfachen Mikro-Controller, und somit flexibel an unterschiedliche Anwendungsfälle angepasst werden kann. Da keinerlei zusätz-

liche Hardware benötigt wird, entsteht eine sehr kostengünstige Systemlösung.

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel  
5 anhand der Figur näher erläutert.

Es zeigt:

die Figur ein Ausführungsbeispiel des vorgeschlagenen  
10 Prinzips anhand eines Blockschaltbildes.

Die Figur zeigt eine Anordnung zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors 1. Zu seiner elektrischen Versorgung ist der Gleichstrom-Motor 1 an eine Spannungsquelle 2 angeschlossen. Die Spannungsquelle 2 ist zu- und abschaltbar  
15 ausgeführt und stellt ein veränderbares Signal bereit. In Serie zu dem Gleichstrom-Motor 1 ist ein Serienwiderstand 3 an die Spannungsquelle 2 geschaltet. Der Serienwiderstand 3 ist als Mess-Widerstand ausgestaltet, englisch: shunt. Die  
20 beiden Anschlüsse des Mess-Widerstands 3 sind mit Eingängen eines DC-Verstärkers 4 verbunden. Der Verstärker 4 ist als Gleichspannungsverstärker ausgeführt und hat eine massefreie Eingangsstufe. Der Ausgang des Gleichspannungsverstärkers 4, an dem ein massebezogenes Signal bereitgestellt wird, ist mit  
25 dem Eingang eines Analog/Digital-Wandlers 5 verbunden. Der Analog/Digital-Wandler 5 ist ausgelegt zum Abgeben einer Folge von Abtastwerten an seinem Ausgang. Der Ausgang des Analog/Digital-Wandlers 5 ist mit dem Eingang eines Mikro-  
30 Controllers 6 verbunden. Der Mikro-Controller 6 umfasst einen ersten Mittelwertbildner 61 und einen zweiten Mittelwertbildner 62, deren Eingänge mit dem Ausgang des Analog/Digital-Wandlers 5 gekoppelt sind. An Ausgänge der beiden Mittelwertbildner 61, 62 ist ein Vergleicher 63

angeschlossen, dessen Ausgang wiederum mit einer Recheneinheit 64 gekoppelt ist. Die Recheneinheit 64 stellt an ihrem Ausgang ein drehzahlproportionales Signal bereit. Ein weiterer Eingang der Recheneinheit 64 ist mit dem Ausgang des Analog/Digital-Wandlers 5 bzw. einem Anschluss zur Zuführung der Abtastrate des Analog/Digital-Wandlers 5 gekoppelt. Die Recheneinheit 64 ist ausgelegt zum Multiplizieren der Anzahl der abgetasteten Einzelwerte zwischen zwei Vorzeichenwechseln mit der Zeit zwischen den einzelnen Abtastvorgängen. Dieser Wert entspricht der halben Periodendauer der elektrischen Kontaktwechsel des Motors 1. Der Vergleicher 63 stellt hierfür jeweils ein Vorzeichen des Vergleichs zwischen den Mittelwerten des ersten und des zweiten Mittelwertbildners 61, 62 bereit.

15

Gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren zur kontinuierlichen Periodendauermessung wird die Zeit, die bei einem sich drehenden Kollektormotor 1 zwischen elektrischen Kontaktwechseln der einzelnen Kollektorlamellen zum Schleifkontakt verstreicht, gemessen. Dies wird erreicht, indem dadurch verursachte elektrische Änderungen der physikalischen Eigenschaften des Motors 1, welche an seinen elektrischen Anschlüssen, insbesondere über dem Widerstand 3 als analoge physikalische Größe eingepreßt werden, einem Analog/Digital-Wandler 5 zugeführt werden. Der Analog/Digital-Wandler 5 tastet diese Änderungen in einem vorgegebenen Zeitraster innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters ab und gibt die abgetasteten Momentanwerte als digitale Zahlenwertreihe aus. Aus den digitalen Zahlenwerten wird in einem ersten Mittelwertbildner 61 aus einer größeren Anzahl von Abtastwerten ein erster Mittelwert errechnet, und dieser Mittelwert wird durch eingehende Zahlenwerte fortlaufend aktualisiert. Weiterhin wird aus den digitalen Abtastwerten eine zweite Mittelwert-

30

bildung dadurch vorgenommen, dass der Mittelwert aus einer geringeren Anzahl von Einzelwerten im Verhältnis zu dem ersten Mittelwert errechnet wird. Auch der zweite Mittelwert wird durch eingehende weitere Abtastwerte fortlaufend aktualisiert. Mit dem Vergleich 63 werden der erste Mittelwert und der zweite Mittelwert wiederkehrend verglichen. Dabei wird das Vorzeichen des Vergleichs gebildet. Die Anzahl der Abtastwerte zwischen den Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse wird mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen multipliziert. Diese Zeitdauer wird von der Abtastrate des Analog/Digital-Wandlers vorgegeben. Durch die Multiplikation wird die halbe Periodendauer der elektrischen Kontaktwechsel des Motors 1 errechnet.

Es kann zur Berechnung der Drehzahl die Anzahl der Abtastwerte zwischen unmittelbar aufeinanderfolgenden Vorzeichenwechseln ermittelt und mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen multipliziert werden. Alternativ kann aber auch beispielsweise jeweils die zwischen gleichartigen Vorzeichenwechseln verstreichende Zeitdauer durch Multiplikation der Anzahl der Abtastwerte zwischen diesen Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen multipliziert und daraus die Drehzahl berechnet werden. Die tatsächliche Drehzahl des Motors hängt neben der Zeitdauer zwischen Vorzeichenwechseln auch von der Anzahl der Kontaktwechsel bzw. Kommutierungen bei einer Umdrehung des Motors ab.

Gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip wird eine besonders kostengünstige Systemlösung bereitgestellt, mit der eine Motordrehzahlmessung ohne zusätzliche Vorrichtungen und folglich mit geringen Kosten realisiert werden kann.

Insbesondere kann die gewonnene Motordrehzahl zu einer Motordrehzahlregelung verwendet werden.

Die benötigten Vorrichtungen wie Gleichtaktverstärker 4, Analog/Digital-Wandler 5 und Mikro-Controller 6 sind in einer Motorsteuerung ohnehin notwendigerweise vorhanden, auch dann, wenn keine Drehzahlmessung und/oder keine Drehzahlregelung ausgeführt wird. Deshalb ist das vorliegende Verfahren zur Drehzahlmessung mit besonders geringem Aufwand und kostengünstig realisierbar.

Als auszuwertendes Signal für die Drehzahlmessung dient vorliegend die zeitkontinuierliche Gleichspannung über einen in Reihe zum Motor 1 angeordneten Widerstand 3. Der Motor 1 arbeitet ständig im Normalbetriebsmodus und muss während der Durchführung der Drehzahlmessung auch weder von der Versorgungsspannungsquelle getrennt werden, noch in einem Generatorbetrieb arbeiten.

Der Mess-Widerstand 3 ist vorliegend am Motor-Minuspol angeordnet, der sogenannten low side, kann alternativ aber auch am Motor-Pluspol, der sogenannten high side, angeordnet sein.

Der Motorstrom und damit auch die Differenzspannung über dem Strom-Messwiderstand 3 weist neben dem Gleichstromanteil zur Speisung des Motors beispielsweise im Falle eines Bürstenmotors auch zeitlich veränderliche Stromanteile auf, welche durch die Stromübernahme der Schleifkontakte, beispielsweise Kohlebürsten, von einem Motorsegment zum nächsten verursacht werden und deshalb drehzahlproportional sind.

Die Differenz-Gleichspannung über dem Mess-Widerstand 3 wird mit dem Gleichspannungsverstärker 4 mit massefreier Eingangsstufe verstärkt und als zeitkontinuierliches, massebezogenes Signal am Ausgang des Verstärkers 4 bereitgestellt. Die so

5 erzeugte Gleichspannung wird dem Eingang eines Analog/Digital-Wandlers zugeführt und mit ausreichend hoher Abtastrate in eine Folge von digitalen Messwerten gewandelt. Mit dem vorliegenden Verfahren wird im digitalen Signalprozessor aus den digitalen Abtastwerten die Drehzahl des Motors bestimmt.

10 Das Verfahren ist dabei so ausgelegt, dass es mit minimaler Rechenleistung und besonders geringem Speicherbedarf auskommt. Das beschriebene Verfahren ist insbesondere in einfacher Weise mit 8-Bit-Mikroprozessoren realisierbar.

15 Im Rahmen einer Kalibrierung kann mit Vorteil eine umfangreiche Messreihe bei einem normalen Motorbetrieb aufgenommen werden, um mit Hilfe einer statistischen Signalanalyse grundlegende Informationen über die Nutz- und Störspektren des Signals abzuleiten und eine Signalkonditionierung durchzuführen.

20 Anschließend kann ein auf das betriebsabhängig auftretende Störspektrum zugeschnittenes Signalmodell für die Signalform der vom Motor selbst erzeugten Wechselspannung ermittelt werden. Das Signalmodell mit Nutzspektrum, welches bezüglich der Zeitverläufe und/oder Signalfrequenzen parametrisierbar ist, kann dabei für den aktuellen Motorbetriebs-

25 fall adaptiert werden.

Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass das beschriebene Verfahren bei starken Veränderungen des

30 Betriebszustands des Motors wie Stromform, Dynamikbereich des Signals, Drehzahl, Lastbedingungen, Störspektrum der pulsweitenmodulierten Steuerung usw. anwendbar ist. Das Verfahren eignet sich aber auch für starke Unterschiede

motorspezifischer Charakteristika wie Motorarten, Laufeigenschaften, alterungsbedingte Änderungen in der Motorcharakteristik et cetera. Typische Kenngrößen können dabei mit Vorteil ohne eine aufwendige Signaltransformation, das heißt  
5 ohne Anwendung einer schnellen Fourier-Transformation, englisch: FFT, fast fourier transformation, oder Ähnliches, gewonnen werden.

Ein noch weiterer Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens  
10 besteht darin, dass die Funktionalität vollständig in Software abgebildet werden kann, nämlich im Mikro-Controller 6, und somit flexibel an unterschiedliche Anwendungsfälle angepasst werden kann. Da keinerlei zusätzliche Hardware benötigt wird, entsteht eine sehr kostengünstige System-  
15 lösung.



## Figurenbeschreibung

	1	Motor
	2	Spannungsquelle
5	3	Mess-Widerstand
	4	Gleichspannungsverstärker
	5	Analog/Digital-Wandler
	6	Mikro-Controller
	61	Mittelwertbildner
10	62	Mittelwertbildner
	63	Vergleicher
	64	Recheneinheit

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl eines Gleichstrom-Motors (1) mit den Schritten:

- 5 - Erfassen der Motorspannung oder des Motorstroms oder eines von Motorspannung oder Motorstrom des Gleichstrom-Motors (1) abgeleiteten Signals,
- Abtasten des Signals und Bereitstellen einer Folge von Abtastwerten,
- 10 - Bilden eines ersten Mittelwerts einer ersten Anzahl von Abtastwerten,
- Bilden eines zweiten Mittelwerts einer zweiten Anzahl von Abtastwerten,
- Vergleichen des ersten Mittelwerts mit dem zweiten
- 15 Mittelwert und Bereitstellen eines Vorzeichens des Ergebnisses,
- Berechnen der Drehzahl in Abhängigkeit von der Anzahl der Abtastwerte zwischen Vorzeichenwechseln, dabei Durchführen einer Multiplikation der Anzahl von Abtastwerten zwischen
- 20 Vorzeichenwechseln der wiederkehrenden Vergleichsergebnisse mit der Zeitdauer zwischen den einzelnen Abtastungen, die durch die Abtastrate bei dem Abtasten des Signals vorgegeben wird.

25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Anzahl von Abtastwerten größer als die zweite Anzahl von Abtastwerten ist.

30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Mittelwert fortlaufend aktualisiert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Drehzahl in Abhängigkeit der Zeit errechnet wird, die  
5 zwischen elektrischen Kontaktwechseln einzelner Kollektor-  
lamellen zum Schleifkontakt verstreicht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Messung der Drehzahl kontinuierlich erfolgt.

6. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der  
Ansprüche 1 bis 5, umfassend  
- einen Signaleingang (3) zum Zuführen des von der Motor-  
15 spannung oder dem Motorstrom des Gleichstrom-Motors (1)  
abgeleiteten Signals,  
- einen Analog/Digital-Wandler (5) mit einem Eingang, der mit  
dem Signaleingang (3) gekoppelt ist, und mit einem Ausgang  
zur Bereitstellung der Folge von Abtastwerten,  
20 - einen ersten Mittelwertbildner (61) der Folge von  
Abtastwerten, der mit dem Ausgang des Analog/Digital-  
Wandlers (5) gekoppelt ist,  
- einen zweiten Mittelwertbildner (62) der Folge von  
Abtastwerten, der mit dem Ausgang des Analog/Digital-  
25 Wandlers (5) gekoppelt ist,  
- einen Vergleicher (63), der mit dem ersten und dem zweiten  
Mittelwertbildner (61, 62) verbunden ist, und  
- eine Recheneinheit (64) zur Abgabe eines drehzahlabhängigen  
Signals, die mit dem Vergleicher (63) gekoppelt ist.

30

7. Anordnung nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass

ein digitaler Signalprozessor (6) vorgesehen ist, der den ersten Mittelwertbildner (61), den zweiten Mittelwertbildner (62), den Vergleicher (63) und die Recheneinheit (64) umfasst.

5

8. Anordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Strom-Messwiderstand (3) vorgesehen ist, der den Signaleingang der Anordnung bildet.

10

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom-Messwiderstand (3) in Reihe zu dem Gleichstrom-Motor (1) geschaltet ist.

15

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gleichspannungsverstärker (4) vorgesehen ist, der den Signaleingang (3) mit dem Eingang des Analog/Digital-Wandlers (5) koppelt.

20

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichstrom-Motor (1) ein Gleichstrom-Kommutatormotor ist.

25

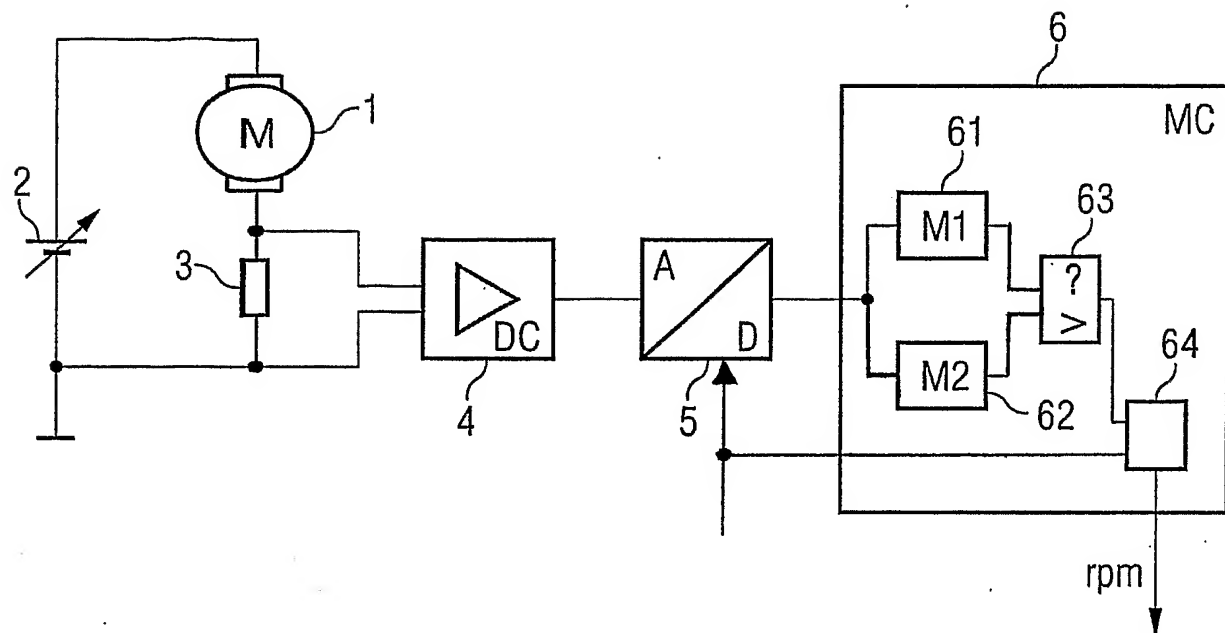
12. Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11 bei einem Gleichstrom-Motor (1) zum Antrieb eines Lüfters.

30

13. Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11 bei einem Gleichstrom-Motor (1) zum Antrieb einer Pumpe.

1/1

FIG. 1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No  
PCT/EP2004/014173

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01P3/44 G01P3/48 G01P3/481 H02P7/285

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01P H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	DE 196 02 362 A1 (ITT AUTOMOTIVE EUROPE GMBH, 60488 FRANKFURT, DE) 31 July 1997 (1997-07-31) column 1, line 1 - line 5 column 2, line 1 - line 25 figure 1	1-13
A	US 4 527 101 A (ZAVIS ET AL) 2 July 1985 (1985-07-02) column 4, line 3 - line 51 figure 2	1-13



Further documents are listed in the continuation of box C



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 May 2005

Date of mailing of the international search report

01/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Reto, D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: Application No  
PCT/EP2004/014173

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 19602362	A1	31-07-1997	WO	9727666 A1	31-07-1997
US 4527101	A	02-07-1985	FR	2555317 A1	24-05-1985
			JP	60152278 A	10-08-1985

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern: es Aktenzeichen  
PCT/EP2004/014173

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01P3/44 G01P3/48 G01P3/481 H02P7/285

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01P H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 196 02 362 A1 (ITT AUTOMOTIVE EUROPE GMBH, 60488 FRANKFURT, DE) 31. Juli 1997 (1997-07-31) Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 5 Spalte 2, Zeile 1 - Zeile 25 Abbildung 1	1-13
A	US 4 527 101 A (ZAVIS ET AL) 2. Juli 1985 (1985-07-02) Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 51 Abbildung 2	1-13

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* & \* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Reto, D



Internat ; Aktenzeichen  
PCT/EP2004/014173

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)